

EFEITO DOS NÍVEIS DE CÁLCIO DA RAÇÃO SUPLEMENTADA COM FITASE SOBRE A ABSORÇÃO DE MINERAIS EM FRANGOS DE CORTE DE 22 A 42 DIAS

NEUDI ARTEMIO SCHOULTEN¹, ANTÔNIO SOARES TEIXEIRA², HUNALDO OLIVEIRA SILVA³,
ADEMIR JOSÉ CONTE⁴, ANTÔNIO GILBERTO BERTECHINI⁵, ELIAS TADEU FIALHO²

1. Licenciado em Ciências Agrárias, M.Sc., Professor da Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul-SC, Lavras-MG CEP- 37200-000, Caixa Postal 37, E-mail: neudi@navinet.com.br
2. Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Professor do Departamento de Zootecnia/UFLA. Lavras - MG - Cep 37200-000, Caixa Postal 37.
3. Médico Veterinário, M.Sc., Estudante de Doutorado DZO/UFLA, hunaldo@ufla.br
- 4 Licenciado em Ciências Agrárias, D.Sc., Professor da Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá - MT. ajconte@zaz.com.br
5. Zootecnista, D.Sc., Professor do Departamento de Zootecnia/UFLA. Lavras - MG - Cep 37200-000, Caixa Postal 37.

RESUMO

Com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de cálcio na ração suplementada com fitase para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, sobre a taxa de absorção verdadeira de minerais, foi conduzido um experimento com 600 frangos de 21 dias da linhagem Hubbard-MPK, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial cinco x dois (níveis de cálcio x sexos), e três repetições de 20 aves por parcela experimental. A ração basal foi balanceada para atender às exigências nutricionais das aves conforme o NRC (1994), exceto para o cálcio, cujos níveis foram 0,40%; 0,59%; 0,78%; 0,97% e 1,16% suplementada com fitase. Aos 35 dias de idade, duas aves de cada tratamento foram transferidas para gaiolas de meta-

PALAVRAS-CHAVE: Fitase, absorção, minerais, frango.

bolismo para coleta de excretas. A taxa de absorção verdadeira de fósforo e zinco das fêmeas foi 13,1% e 12,8% inferior à dos machos, respectivamente ($P < 0,05$). A absorção de cálcio apresentou um efeito quadrático, conforme o nível de cálcio, elevado ($P < 0,05$). Não houve diferença ($P > 0,05$) na taxa de absorção verdadeira de fósforo, zinco, manganês e magnésio em função dos níveis de cálcio da ração de 22 a 42 dias de idade. Conclui-se que teores elevados de cálcio da ração suplementada com fitase reduzem somente a taxa de absorção de Ca, sendo que a taxa de absorção do fósforo, zinco, manganês e magnésio não é influenciada pelos níveis de cálcio da ração suplementada com fitase para frangos de corte dos 22 aos 42 dias de idade.

SUMMARY

EFFECT OF CALCIUM LEVELS IN PHYTASE SUPPLEMENTED DIETS ON THE ABSORPTION OF MINERALS IN BROILER CHICKENS FROM 22 TO 42 DAYS

In order to evaluate the effects of calcium levels in rations supplemented with phytase for broiler chickens from 22 to 42 old, on true absorption rate of minerals, an experiment was conducted utilizing a total of 600 broilers of 21 days old (Hubbard-MPK), distributed in a completely randomized design, in 5 x 2 factorial arrangement (levels of dietetic calcium x sex), with three replicates of 20 birds per experimental unit. The basal ration was balanced to meet the nutritional requirements of the broilers according to NRC (1994), except for calcium, whose levels were 0.40; 0.59; 0.78; 0.97 and 1.16% supplemented with phytase. At 35 days of age, two broilers of each treatment were transferred to cages, and after an adaptation period, the excreta was collected. The data shown that the true absorption of phosphorus and zinc for females

were 13.1% and 12.8% lower than those for the males, respectively. The absorption of calcium was reduced as the level of calcium in the diets was increased. A quadratic effect was observed for this parameter. There was no difference ($P > .05$) in the rate of true absorption of phosphorus, zinc, manganese and magnesium in relation to the supplementation of calcium in the diets of broilers from 22 to 42 days old. According to the results high levels of calcium supplemented with phytase in broilers diets reduce only the rate of absorption of Ca without effects on the absorption of phosphorus, zinc, manganese and magnesium by the increasing levels of Calcium with phytase supplementation in broilers diets from 22 to 42 days old.

KEY-WORDS: Phytase, absorption, minerals, broiler.

INTRODUÇÃO

Em busca de melhores índices de produtividade e redução dos custos de produção, o uso de enzimas exógenas na avicultura vem sendo exaustivamente pesquisado nos últimos anos, mostrando ser uma alternativa bastante promissora. A fitase é, comprovadamente, uma enzima exógena que possibilita a formulação de rações com menor inclusão de fósforo inorgânico.

O suprimento adequado de cálcio em uma ração, para suportar a máxima taxa de crescimento, foi documentado primeiramente na década de 1930 por Sherman e Campbell (1936). Estudos como os de Simco e Stepherson (1961) não encontraram efeito no crescimento de aves alimentadas com rações com cálcio entre 0,5% e 1%. Gardiner (1971) observou redução na taxa de crescimento em pintinhos de corte machos em rações com 0,4% de cálcio. Shafey et al. (1990) observaram um aumento na taxa de crescimento de frangos, quando o nível de cálcio na ração foi elevado a 1% e uma depressão quando o nível de cálcio na ração foi aumentado além de 2%. Os efeitos dos níveis de fósforo total na ração para aves quando se usa a fitase já são bastante estudados e conhecidos, porém isso não ocorre com os níveis de outros minerais, principalmente o cálcio. Há, na literatura, poucos trabalhos que procuraram estabelecer os níveis adequados de cálcio na ração quando se utiliza a fitase para a fase de 22 a 42 dias de idade.

Tanto o nível de cálcio como o de fósforo na ração para frangos influenciam a utilização do fósforo fítico (Edwards Jr. e Veltmann, 1983; Ballam et al., 1984). Aves consumindo rações com baixos níveis de fósforo e cálcio inorgânicos possuem maior capacidade para hidrolisar o fitato do que aquelas que recebem níveis altos (Denbow et al., 1995).

Qian et al. (1997), em experimento com frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, alimentados com ração à base de milho e farelo de soja com 0,51% de fósforo total e suplementada com 600 unidades de fitase por kg, mostraram que a elevação da relação Ca:P da ração de 1,1:1 a 2,0:1 (elevação do nível de cálcio de 0,56% a 1,02%) reduziu linearmente o ganho de peso, afetou de forma quadrática a deposição de cinzas, reduziu a absorção de fósforo e cálcio. Também a atividade da fitase foi reduzida

linearmente, à medida que se elevou o nível de cálcio da ração com o mesmo nível de P total. Os níveis de fósforo e cálcio devem ser incluídos em níveis inferiores quando a fitase for empregada durante a formulação, para que não ocorra uma redução acentuada do efeito da fitase (Leeson, 1999).

Segundo Mitchel e Edwards Jr. (1996), para uma maior solubilização do fitato no trato digestivo da ave, é necessário manter os níveis de fósforo e cálcio inorgânicos nos limites mínimos necessários, o que confirma a afirmação de Ballam et al. (1984). Segundo Lantzasch, citado por McKnight (1997), níveis de cálcio acima de 0,70% em pH 6,0 permitem a reação do cálcio e ácido fítico formando o fitato de cálcio, que se precipita e não pode ser atacado pela fitase. Segundo Shafey et al. (1990), após a alimentação de frangos com ração com alto nível de cálcio (acima de 1,53%), 70% a 92% do cálcio do conteúdo gastrintestinal estavam na forma insolúvel. Esses autores também notaram que a alta concentração de cálcio na ração eleva o pH no conteúdo do inglúvio e íleo, mas não influencia o pH dos demais segmentos do trato gastrintestinal de frangos.

Para Shafey, McDonald e Dingle (1991), a solubilidade dos minerais diminui, e o tamanho dos complexos minerais solúveis aumenta conforme a digesta se move do duodeno e jejuno para o íleo. A centrifugação do conteúdo do trato gastrintestinal mostrou que a maior parte (70% a 92%) do cálcio, ferro, magnésio e zinco estava na forma insolúvel. Esses autores sugerem que a elevação do pH intestinal, em função da elevação do nível de cálcio da ração, reduz a fração solúvel de minerais da ração e a sua disponibilidade para a absorção.

O cálcio parece ser o fator-chave que influencia a atividade da fitase na mucosa intestinal de frangos, e o efeito provável mais importante é a repressão direta da atividade da fitase, pela competição do cálcio pelos sítios ativos da enzima (Wise, 1983).

Níveis elevados de cálcio e fósforo afetam adversamente a absorção de magnésio. O magnésio e o cálcio competem pelos mesmos sítios de absorção ao longo do intestino delgado (McDowell, 1992). Conforme o NRC (1994), a exigência de cálcio para frangos de 22 a 42 dias é de 0,90% para rações com 3.200 kcal/kg. Normalmente os nutricionistas não se preocupam com o excesso de cálcio na ração, devido à baixa toxicidade e ao baixo custo que ele repre-

senta. Certamente minerais associados com complexos pequenos têm maior chance de ser absorvidos, pois apresentam uma superfície de contato maior para a troca de minerais. A depressão do ganho de peso de frangos alimentados com alto nível de cálcio pode, parcialmente, ser causado pela redução na disponibilidade de minerais (Shafey et al., 1991).

O ácido fítico quando presente nos alimentos dos animais reduz a absorção de fósforo, cálcio, zinco, ferro e outros nutrientes. A utilização do fitato depende da espécie, tipo e idade do animal, concentração de fitase, cálcio e fósforo inorgânico na ração, vitamina D₃, ingredientes da ração e processamento dos alimentos (Sebastian et al., 1998).

Na ausência de fitato na ração de frangos, a exigência de cálcio é de 0,50%, enquanto que esta sobe para 0,95% quando há presença de 1,25% de fitato (Nelson et al., 1968).

Tendo em vista que a grande maioria dos trabalhos é feita somente para fase inicial, Mitchell e Edwards Jr. (1996) afirmam que mais experimentos necessitam ser conduzidos para aves com idade acima de 21 dias, para avaliar se os efeitos da fitase e níveis de cálcio na ração podem ser generalizados para todas as idades.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos dos níveis de cálcio, em rações suplementadas com fitase, sobre a absorção de cálcio, fósforo, zinco, manganês e magnésio, em frangos de corte de 22 a 42 dias de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Avicultura da Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá (MT), nos meses de janeiro e fevereiro de 2000. Utilizaram-se 600 frangos da linhagem Hubbard-MPK, dos 22 aos 42 dias de idade, alojados em galpão experimental, distribuídos em cinco tratamentos e seis repetições, sendo três de cada sexo.

Os tratamentos foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial cinco x dois, sendo cinco níveis de cálcio (0,40%; 0,59%; 0,78%; 0,97% e 1,16%), e dois sexos.

As rações foram isonutritivas, à base de milho e farelo de soja, com 0,43% de fósforo total, suplementadas com 600 unidades de fitase/kg, for-

muladas para atender às exigências nutricionais, conforme recomendado pelo NRC (1994), exceto para o cálcio, sendo a composição dos ingredientes obtida de Rostagno et al. (1994). Os níveis de cálcio foram obtidos pela substituição do caulim na ração basal por calcário.

A disponibilidade do fósforo de origem vegetal foi considerada como sendo de dois terços, tendo em vista a suplementação com fitase. A fitase utilizada foi a Natuphos 5000®, com atividade mínima inicial declarada pelo fornecedor de 5.000 FTU/g. A composição da ração basal pode ser observada na Tabela 1.

Na fase inicial (1 a 21 dias), as aves receberam uma ração prática, conforme recomendação do NRC (1994). A ração e a água foram fornecidas à vontade e mantido um programa de 24 horas de luz.

Sete dias antes do final do experimento, duas aves de cada parcela experimental foram transferidas para gaiolas de metabolismo, para coleta total de excretas, durante quatro dias. As excretas foram recolhidas em bandejas instaladas sob as gaiolas forradas com plástico. O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos, identificado, pesado e congelado a -16°C. Ao final do período de coleta, as excretas foram descongeladas, reunidas por repetição, homogeneizadas, e delas foram retiradas alíquotas de 300 a 400 g para secagem em estufas ventiladas a 55 ± 5°C, por 72 horas, quando então foram moídas e acondicionadas para posteriores análises.

Para a determinação da excreção endógena de minerais e cálculo da taxa de absorção verdadeira, foi realizada a coleta das excretas, durante 48 horas, de duas aves por parcela experimental, após jejum de ração de 24 horas. A absorção verdadeira de minerais foi calculada pela seguinte fórmula geral:

$$AM = \frac{(IR \times MR/100) - [(E \times ME/100) - (EE \times MEE/100)]}{(IR \times MR/100)} \times 100 = \%$$

Onde:

AM = Absorção do mineral (%);

IR = Ingestão de ração/ave/dia (g);

MR = Mineral na ração (%);

E = Excretas/ave/dia (g);

ME = Mineral nas excretas (%);

EE = Excretas endógenas/dia/ave (g);

MEE = Mineral nas excretas endógenas (%).

As análises das amostras dos ingredientes, das rações e das excretas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO-UFLA segundo metodologia da AOAC (1990). A solução mineral para a determinação de fósforo e cálcio foi obtida das cinzas por via seca, sendo que a determinação do fósforo foi realizada pelo método de fotometria e a do cálcio, por permanganometria. Para determinação do zinco, manganês e magnésio, a solução mineral foi obtida por via úmida e a determinação feita pelo método de espectrofotometria de absorção atômica.

As análises estatísticas dos resultados obtidos foram realizadas utilizando o programa Sisvar 4.1 (Sistema para análises de variância de dados balanceados), desenvolvido por Ferreira (2000).

TABELA 1. Composição da ração basal

Ingredientes	(%)
Milho	64,52
Farelo de soja	29,45
Óleo de soja	1,35
Calcário calcítico	0,75
Monoamônio fosfato	0,42
Sal	0,30
Premix mineral	0,05
Premix vitamínico	0,40
Fitase	0,01
Caulim	2,75
Composição calculada	
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3000
Proteína bruta (%)	19,00
Cálcio (%)	0,40
Fósforo disponível (%)	0,32
Fósforo total (%)	0,43
Metionina (%)	0,40
Metionina + cistina (%)	0,71
Lisina (%)	0,98
Triptofano (%)	0,23
Treonina (%)	0,74

O Premix forneceu por kg de ração: vit. A - 7.000 UI; vit. D₃ - 1.500 UI; vit. E - 12 UI; vit. K - 1,5 mg; Vit. B₁ - 1,6 mg; vit. B₂ 5 mg; vit. B₆ 2,6 mg; vit. B₁₂ 10 ig; Niacina - 35 mg; Ác. Fólico - 0,7 mg; Ác. Pantotênico - 13 mg; Se - 0,3 mg; Colina - 300 mg; Metionina - 1,0 g; Agente anticoccidiano - 0,06 g; Promotor de crescimento - 0,04 g; Antioxidante - 0,02 g; Mn - 75 mg; Zn - 50 mg; Cu - 8 mg; I - 0,75 mg; Fe - 50 mg.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da taxa de absorção verdadeira de cálcio, fósforo, zinco, manganês e magnésio dos frangos de 39 a 42 dias de idade são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Taxa de absorção verdadeira de cálcio, fósforo, zinco, manganês e magnésio dos frangos de 39 a 42 dias de idade.

	Ca (%)	P (%)	Zn (%)	Mn (%)	Mg (%)
Níveis de cálcio	1	ns	ns	ns	ns
0,40	47,6	65,8	43,9	8,7	45,0
0,59	34,6	64,8	39,8	4,8	42,2
0,78	18,0	60,2	41,6	8,6	43,3
0,97	16,8	65,7	41,1	7,2	42,2
1,16	15,3	64,3	48,8	7,8	45,7
Fêmeas	23,3 a	59,7 b	40,1 b	5,8 a	42,2a
Machos	29,6 a	68,7 a	46,0 a	13,0 a	45,1a
Média geral	26,5	64,2	43,0	9,4	43,7
C. V. (%)	41,54	7,11	15,31	36,08	13,44

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem pelo teste F a 5% de significância.

ns = não significativo (P>0,05)

1. Efeito quadrático (P<0,05)

Como em nenhuma variável avaliada houve interação (P>0,05) entre os níveis de cálcio e sexos, os resultados serão discutidos com base na média de machos e fêmeas.

Os machos apresentaram uma taxa de absorção verdadeira superior (P<0,05) de fósforo e zinco 13,1% e 12,8%, respectivamente, do que as fêmeas. Esta diferença provavelmente se deve ao crescimento mais acelerado de machos, requerendo assim maiores quantidades desses minerais para seu metabolismo normal.

A taxa de absorção verdadeira de cálcio apresentou efeito quadrático (P<0,05), reduzindo de 47,6% a 15,3%, conforme o nível de cálcio foi elevado de 0,40% a 1,16%, como está ilustrado na Figura 1. Como é o caso da maioria dos nutrientes, quanto maior é a sua necessidade, mais eficiente é a sua absorção (Swenson e Hays, 1996), o que foi claramente evidenciado neste trabalho. Com a elevação dos níveis de cálcio no sangue a calcitonina entra em ação para reduzir a sua absorção.

Quando a ingestão de cálcio é abaixo ou acima das necessidades, a homeostase é restabelecida pela ação dos hormônios envolvidos na sua regulação. A calcitonina atua em *feedback* negativo ao paratormônio (PTH), inibindo a absorção intestinal e aumentando a eliminação do cálcio pelos rins e estimulando a sedimentação óssea.

Resultados semelhantes foram obtidos por Sebastian et al. (1996), Mitchell e Edwards Jr. (1996) e Qian et al. (1997), que também observaram redu-

ção na sua taxa de absorção à medida que os teores na dieta foram elevados.

Não houve efeitos dos níveis de cálcio sobre a taxa de absorção verdadeira de fósforo, zinco, manganês e magnésio ($P > 0,05$), resultados semelhantes aos obtidos por Sebastian et al. (1998), que também não verificaram efeito do nível de cálcio sobre a absorção de fósforo para diferentes níveis de cálcio na ração.

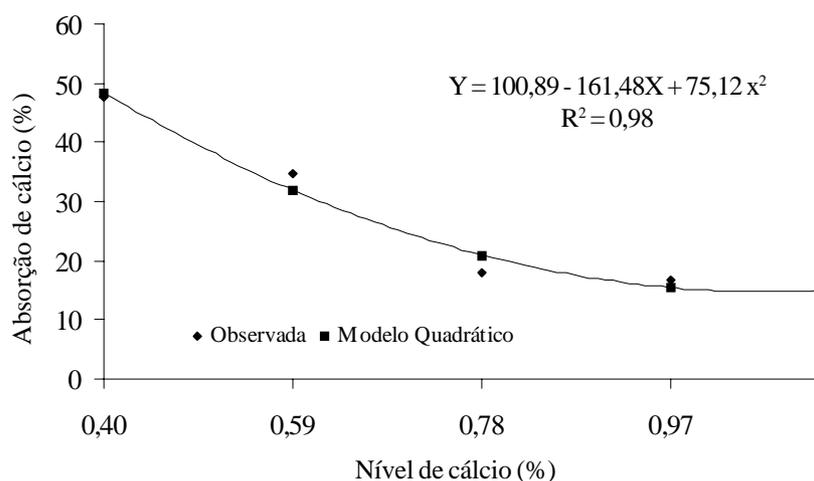


FIGURA 1. Efeito dos níveis de cálcio da ração sobre a absorção de cálcio (%) de 39 a 42 dias de idade.

Os resultados deste experimento, em que não foram observados efeitos significativos dos níveis de cálcio sobre a absorção dos minerais, provavelmente foram influenciados pelo nível de cálcio da ração na fase inicial. As aves receberam uma ração com 3.000 kcal/kg e com 0,90% de cálcio, conforme recomendação do NRC (1994), de modo que se encontravam com seu mecanismo de absorção e homeostasia do cálcio preparado e ativo para níveis relativamente elevados.

Também, ao iniciar a fase experimental, já apresentavam uma mineralização do esqueleto adequada, reduzindo-se a demanda por minerais nesta fase, já que nesta idade a ave apresenta mineralização óssea semelhante a uma ave adulta (Georgievskii, 1982). Desta forma, as taxas de absorção observadas para os níveis de cálcio mais elevados testados foram suficientes para atender às exigências metabólicas das aves nesta fase.

Os coeficientes de variação (CV) elevados observados, principalmente para a taxa de absorção do cálcio, podem em parte ser devido a pequenas imprecisões nas diferentes medidas analíticas e de determinação laboratorial para determinação dos teores de cálcio presente na ração e excretas, que são cumulativos ao longo do processo. Como é uma variável calculada a partir de muitos parâmetros, os erros vão se acumulando, resultando em coeficientes de variação elevados, em virtude de variações no material experimental que não foi possível controlar.

Um outro fator que pode ter contribuído para o alto coeficiente de variação foi o número reduzido de aves em que foram coletadas as excretas. No entanto, o alto CV, para a absorção de cálcio, não afeta os resultados deste trabalho, uma vez que, mesmo com CV alto, foi detectada diferença significativa na taxa de absorção do cálcio em função dos tratamentos aplicados.

CONCLUSÕES

Em frangos de corte alimentados com ração à base de milho e farelo de soja, na fase de 22 a 42 dias de idade, suplementada com fitase, o nível de cálcio da ração afeta a taxa de absorção verdadeira de cálcio, mas não a de fósforo, zinco, manganês e magnésio.

REFERÊNCIAS

- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST – AOAC. *Official methods of analysis*. 15. ed. Washington, 1990. 684p.
- BALLAM, G. C.; NELSON, T. S.; KIRBY, L. K. Effect of fiber and phytate source and of calcium and phosphorus level on phytate hydrolysis in the chick. *Poultry Science*, v. 63, p. 333-338, 1984.
- BALLAM, G. C.; ENGSTER, H. M.; SNETZINGER, D. C. Effect of calcium level on the ability of broiler and single comb White leghorn to hydrolyze phytate phosphorus. *Poultry Science*, v. 63, p. 61, 1984. (Abst.).
- DENBOW, D. M.; RAVINDRAN, V.; KORNEGAY; YI, Z.; HULET, R. M. Improving phosphorus availability in soybean meal for broilers by supplemental phytase. *Poultry Science*, v. 74, n. 11, p. 1831-1842, 1995.
- EDWARDS Jr., H. M.; VELTMANN, J. R. The role of calcium and phosphorus in the etiology of tibial dyscondroplasia in young chicks. *Journal of Nutrition*, v. 113, n. 8, p. 1568-1575, 1983.
- FERREIRA, D. F. *Sistema de análise estatística para dados balanceados* (Sisvar). Lavras: UFLA/DEX, 2000.
- GARDINER, E. E. Calcium requirements of breeds of chickens as influenced by levels of dietary phosphorus. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 51, p. 445-450, 1971.
- GEORGIEVSKII, V. I. The biological function and metabolism in the body. In: GEORGIEVSKII, V. I.; ANNENKOV, B. N.; SAMOKHIN, V. I. *Mineral nutrition of animals: studies in the agricultural and food sciences*. London: Butterworths, 1982. p. 1-269.
- LEESON, S. Enzimas para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas, SP. *Anais...* Campinas - SP: FACTA, 1999. p. 173-185.
- McDOWELL, L. R. *Minerals in animal and human nutrition*. San Diego, California: Academic Press, 1992. 524p.
- McKNIGHT, W. F. Phytase technical specifications and properties. In: SHORT COURSE ON FEED TECHNOLOGY, 7th 1997. Korea. *Proceedings...* Korea: Korean Society of Animal Nutrition and Feedstuffs, 1997.
- MITCHELL, R. D.; EDWARDS Jr., H. M. Effects of phytase and 1,25-Dihydroxycholecalciferol on phytate utilization and quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broiler chickens. *Poultry Science*, v. 75, p. 111-119, 1996.
- NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9. ed. Washington, National Academy of Science, 1994. 155p.
- NELSON, T. S.; SHIEH, T. R.; WODZINSKI, R. J. e WARE, J. H. The availability of phytate phosphorus in soybean meal before and after treatment with a mold phytase. *Poultry Science*, v. 47, p. 1842-1848, 1968.
- QIAN, H.; KORNEGAY, E. T.; DENBOW, D. M. Utilization of phytate phosphorus and calcium as influenced by microbial phytase, cholecalciferol, and the calcium: total phosphorus ratio in broiler diets. *Poultry Science*, v. 76, n. 5, p. 37-46, 1997.
- ROSTAGNO, H. S.; SILVA, D. J.; COSTA, P. M. A.; FONSECA, J. B.; SOARES, P. R.; PEREIRA, J. A. A.; SILVA, M. A. *Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos* (Tabelas Brasileiras). Viçosa: UFV, 1994. 59p.
- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R.; LAGUE, P. C. Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. *Poultry Science*, v. 75, n. 12, p. 1516-1523, 1996.

- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. *World's Poultry Science Journal*, v. 54, p. 27-47, 1998.
- SHAFEY, T. M., McDONALD, M. W.; PIM, R. A. The effect of dietary calcium upon growth rate, food utilization and plasma constituents in lines of chickens selected for aspects of growth or body composition. *British Poultry Science*, v. 31, p. 577-586, 1990.
- SHAFEY, T. M.; McDONALD, M. W.; DINGLE, J. G. Effects of dietary calcium and available phosphorus concentration on digesta pH and on the availability of calcium, iron, magnesium and zinc from the intestinal contents of meat chickens. *British Poultry Science*, v. 32, n. 1, p. 185-194, 1991.
- SHERMAN, H. C.; CAMPBELL, H. L. Effect of increasing the calcium contents of a diet in which is one of the limiting factors. *Journal of Nutrition*, v. 8, p. 363-371, 1936.
- SIMCO, T. F.; STEPHERSON, E. L. Re-evaluation of the calcium-phosphorus requirements of the chick. *Poultry Science*, v. 40, p. 1188-1192, 1961.
- SWENSON, J. M.; HAYS, V. W. Minerais. In: SWENSON, J. M.; REECE, W. (Ed). *Dukes: fisiologia dos animais domésticos*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 471-487.
- WISE, A. Dietary factors determining the biological activities of phytate. *Nutrition Abstract Reviews*, Aberdeen, v. 53, n. 9, p. 791-806, 1983.